

海産底生珪藻の形態と分類 (2), ヒメクダズミケイソウ属 (ヒメクダズミケイソウ科, フナガタケイソウ目) (第 1 部)

陽 詩織^a, 鈴木秀和^{a,*}, 南雲 保^b, 田中次郎^a

^a 東京海洋大学海洋科学部 108-8477 東京都港区港南 4-5-7

^b 日本歯科大学生命歯学部 102-8159 東京都千代田区富士見 1-9-20

Morphology and Taxonomy of Marine Benthic Diatoms (2), *Berkeleya* (Berkeleyaceae, Naviculales) (Part 1)

Shiori MINAMI^a, Hidekazu SUZUKI^{a,*}, Tamotsu NAGUMO^b and Jiro TANAKA^a

^a Department of Ocean Sciences, Tokyo University of Marine Science and Technology,
4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477 JAPAN;

^b Department of Biology, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo,
1-9-20, Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8159 JAPAN

* Corresponding author: hsuzuki@kaiyodai.ac.jp

(Accepted on May 10, 2011)

The fine structure of a marine tube-forming diatom, *Berkeleya hyalina*, was examined by light and electron (SEM and TEM) microscopies. The following morphological features of this species are described in detail for the first time. *Berkeleya hyalina* has the areola occluded by the hymen with perforations arranged in regular scatter, the raphe with a complex slit C-shaped in section, the external terminal and central raphe endings slightly turned in the same direction, the internal terminal raphe endings with diminutive helictoglossae, the internal coaxial central raphe endings, and the perforated open bands consisted of three types.

(Continued from J. Jpn. Bot. **85**: 79–89, 2010)

Key words: *Berkeleya*, *Berkeleya hyalina*, marine benthic diatom, morphology, tube forming colony.

本誌 85 巻 2 号 79–89 頁に継続し、海産底生珪藻類の形態学および分類学的研究の一環として、ヒメクダズミケイソウ属 *Berkeleya* について報告する。

単細胞藻類である珪藻は、普通単体で生活するが、複数の細胞が集まり群体を形成して生育する種類もある。群体の形態は多様ではあるが分類群により一定で、重要な分類形質のひとつとなっている。その内の 1 つに粘液質のチューブ

の内部に多数の細胞が収まって生育する管状群体がある (Round et al. 1990)。管状群体を形成する分類群として、これまでにヒメクダズミケイソウ属 *Berkeleya*、アオイロケイソウ属 *Haslea*、フネケイソウ属 *Navicula*、ササノハケイソウ属 *Nitzschia*、クダズミケイソウ属 *Parlibellus* などが知られている (Lobban 1985, 1990, Cox 1988 など)。

ヒメクダズミケイソウ属はタイドプールの岩表

面や海藻・海草類の体表面に付着生活し、樹枝状に広がる管状群体を作る代表的な分類群で、フナガタケイソウ目 *Naviculales* ヒメクダズミケイソウ科 *Berkeleyaceae* に属する羽状類双縦溝珪藻である。ヒメクダズミケイソウ属は Greville (1827) によって新設され、Cleve (1894) により縦溝が短いという特徴からアミバリケイソウ属 *Amphipleura* に移されたが、Cox (1975a) が *B. fragilis* Greville (タイプ種)、*B. hyalina* (Round & Brooks) Cox, *B. micans* (Lyngbye) Grunow, *B. rutilans* (Trentepohl ex Roth) Grunow の4種をもとに、次の特徴をもつ分類群として *Berkeleya* を再定義した。(i) 細胞は管状の粘液質に包まれる。(ii) 殻 (valve) は鈍頭形の殻端をもつ直線状、あるいは線状披針形。(iii) 縦溝 (raphe) の中心末端は離れていて、その間の中心域 (central area) は狭く、長さは変化に富む。(iv) 条線 (stria) は多くの場合微細だが、ときに殻の中央部で点状になる。(v) 条線の配列は殻の中央部では平行、末端部に近づくにつれ収斂する。(vi) 帯片 (band) は多い。その後、新たな組合せと新種記載により、現在までに16種、5変種、1品種が記載され、その内、本邦では *B. fragilis* (高野 1997)、*B. insularis* Takano (Takano 1983)、*B. micans* (河村・平野 1989)、*B. obtusa* (Greville) Grunow (Mizuno 1979)、*B. rutilans* (水野 1977, 真山・小林 1982, 河村・平野 1989, 高野 1997, 阿部ほか 2003)、*B. sparsa* Mizuno (Mizuno 1981) の6種が報告されている。

ヒメクダズミケイソウ属の群体の形態は種によって異なり、正確な同定や分類を行うには被殻形態も合わせて観察することが必要であるとされる (Cox 1975b)。しかし、これまで群体の構造と殻の微細構造を合わせて観察した研究は少ない。特に、本属には殻が薄い種が多く、形態をとどめた状態での観察が困難で、詳細な被殻構造は明らかになっていない。

今回、本邦沿岸からヒメクダズミケイソウ属と同定される数種の群体を得た。本研究では、従来の方法に加えて、試料を臨界点乾燥処理し、これらの群体および被殻 (frustule) の構造を観察した。本稿ではその内 *B. hyalina* の結果を報告する。

材料と方法

本研究で用いた試料は、次の5つの標本から得られた。

Berkeleya hyalina 標本番号 MTUF-AL-SM0039, 0040, 0044: 千葉県館山市坂田のタイドプールの岩表面上, 2008年6月20日採集 (陽詩織)。標本番号 MTUF-AL-SM0055: 千葉県館山市坂田のタイドプールの岩表面上, 2008年11月29日採集 (陽詩織)。標本番号 MTUF-AL-HS1087: 神奈川県足柄下郡真鶴町尻掛のタイドプール内岩表面上, 2009年6月7日採集 (鈴木秀和)。

採集した試料はサンプルビンに入れて実験室に持ち帰り、光学顕微鏡 (LM) で群体の形状や葉緑体の形態を観察した後、25% グルタルアルデヒド溶液で固定した。これらの試料はすべて東京海洋大学水産資料館に保管した。

珪藻試料は定法 (南雲 1995, 長田・南雲 2001) に従って処理した後、LM および走査型電子顕微鏡 (SEM: HITACHI-S-4000 と S-5000) で観察した。また群体の形状は、藻体を臨界点乾燥法で処理後、SEM で観察した。本稿で用いた珪藻の形態に関する術語は小林ほか (2006) に準拠した。

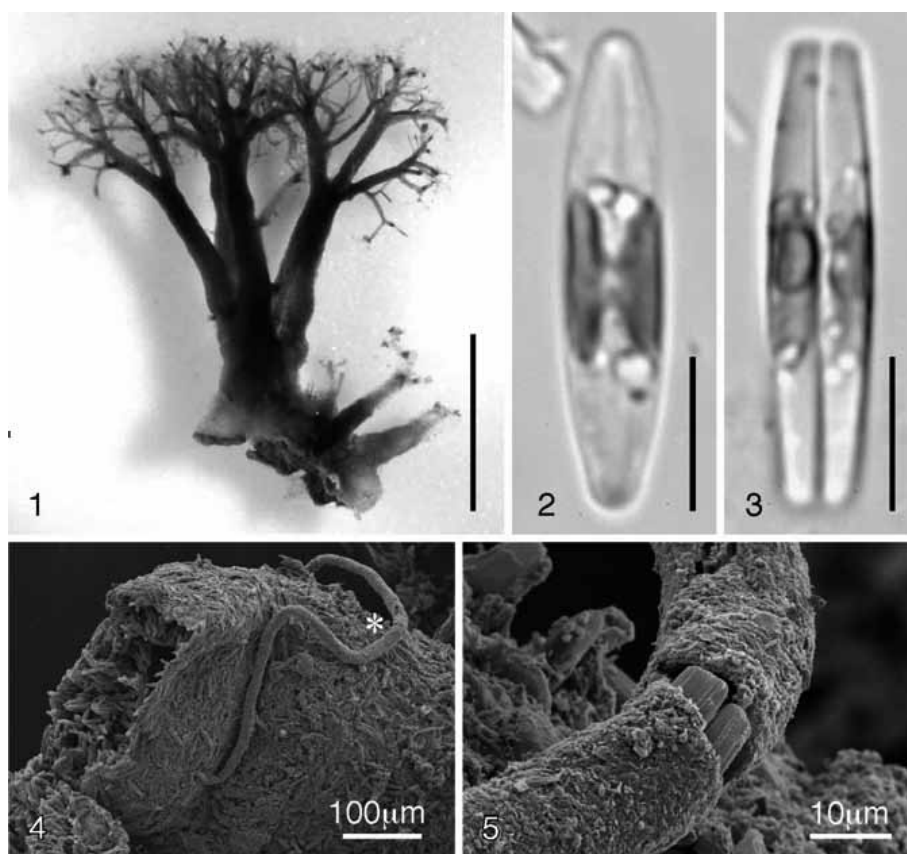
結果および考察

1) *Berkeleya hyalina* (Round & Brooks) Cox in Br. Phycol. J. 10: 216, figs. 9, 18, 22, 23 (1975).

Basionym: *Amphipleura hyalina* Round & Brooks in Bot. Mar. 16: 77–79, figs. 1–4, 6–16 (1973).

本種は Round and Brooks (1973) により、西アフリカ・トーゴ海岸の潮間帯の岩上から *Amphipleura hyalina* の名で新種記載された。その後 Cox (1975b) により *Berkeleya* に組合せられ現在に至る。本種の記載記録は少なく、タイプ産地のほか、アメリカ・サンジエゴ州南カリフォルニアの潮間帯の岩上の報告 (Chastain and Stewart 1985) があるのみで、本邦でもこれが初記載である。原記載や Cox (1975a, 1975b)、Chastain and Stewart (1985) で EM を使用した観察が行われたが、それらは群体の形態、殻面や縦溝の構造の簡単な記載に留まっていた。本報告では本種の胞紋 (areola)、縦溝、帯片の微細構造を初めて明らかにした。

群体は、高さ約 1 cm、直径約 1 cm の樹枝状に広がるチューブからなる。チューブの太さは群体基部と先端部で異なり、分岐する毎に細く

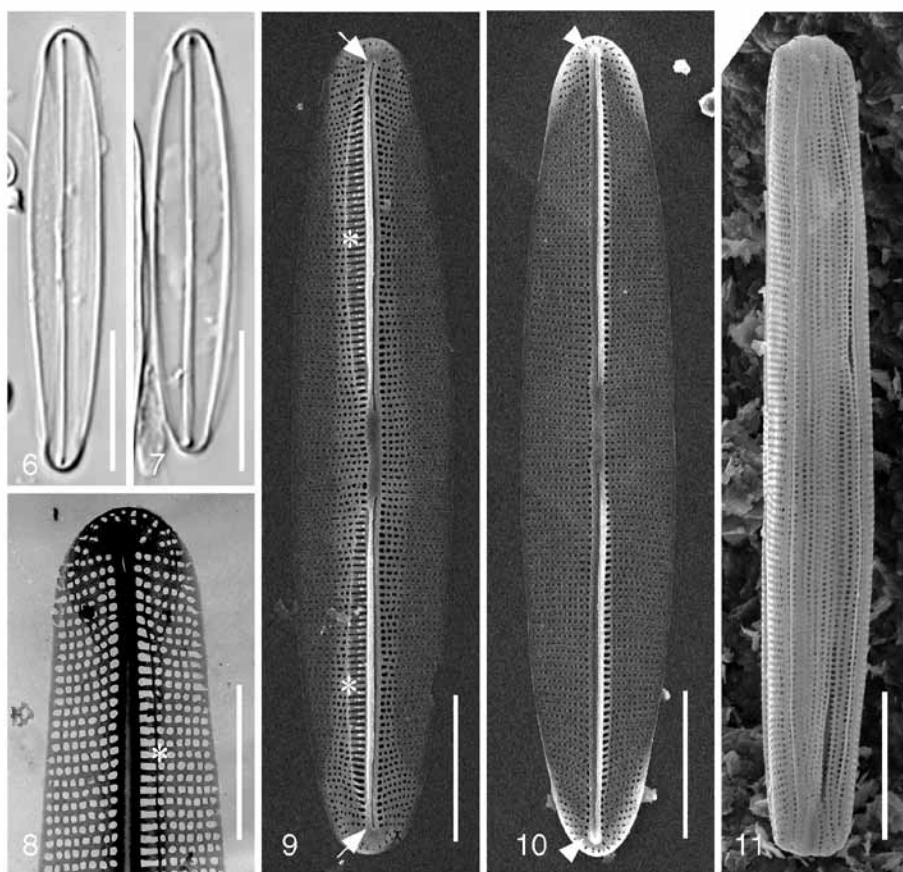


Figs. 1–5. *Berkeleya hyalina*. Figs. 1–3. LM. Living cells. Fig. 1. Colony. Fig. 2. Valve view. Fig. 3. Girdle view. Figs. 4, 5. SEM. Fig. 4. Tube containing vast numbers of cells. Fig. 5. Enlarged view of the part marked with an asterisk in Fig. 4. Detail of thin tube. Scale bars = 5 mm (Fig. 1), 10 μ m (Figs. 2, 3).

なる (Fig. 1). チューブ内部では、細胞が平行に並んで密に集まる (Figs. 4, 5). 葉緑体は殻面観 (valve view) で H 字形、細胞の中心に位置し、長軸方向にほぼ対称的である (Figs. 2, 3). 被殻の殻面観は線状披針形、両殻端付近で殻幅が狭まり、殻端は広円でややくびれる (Figs. 2, 6, 7). 被殻の帯面観 (girdle view) は少し丸みを帯びた長方形 (Figs. 3, 11). 殻長は 31.0–32.5 μ m, 殻幅は 4.5–6.0 μ m. 条線は LM では不明瞭で (Figs. 6, 7), EM により測定した結果, 10 μ m あたり 40–46 本であった. 本試料は薄い殻, 不明瞭な条線, そして狭い軸域をもつ点で *B. fragilis* によく似るが, 殻面の外形が *B. fragilis* より幅広く, 殻端がややくびれる点異なる. 原記載 (Round and Brooks 1973), およびタイプ試料を確認した Cox (1975b) の記載では, 殻長 30–50 μ m, 殻

幅 5 μ m, 条線は 10 μ m あたり 40 本以上であり, Chastain and Stewart (1985) の記載では殻長 25–40 μ m, 殻幅 5–7 μ m, 条線は 10 μ m あたり 32–38 本であった. 本試料はこれらとほぼ一致する. 被殻の殻面と帯面の外形や, 光学顕微鏡で条線が不明瞭な点もこれと一致することから本種と同定した.

中心節 (central nodule) は長軸方向に細長く伸びて, その長さは殻長の 1/10 程度である (Figs. 6, 7, 9, 10). 条線は, 中心節付近で長軸方向に垂直で, 互いに平行に並び, 殻端に近づくにつれわずかに収斂する (Figs. 8–10). 各条線は, 1 列に並ぶ不定形の胞紋からなるが (Fig. 8), 軸域 (sternum) に接する 1 次側の胞紋は細長い長方形で, 他の約 2–3 倍の大きさである (Figs. 8, 9, 12, 13, 16, 17 の * 印). 各胞紋は, 規則的に散在



Figs. 6–11. *Berkeleya hyalina*. Figs. 6, 7. LM. Fig. 8. TEM. Figs. 9–11. SEM. Figs. 6, 7. Valve views. Fig. 8. Valve view showing features of terminal area, sternum and elongated areolae (asterisk). Fig. 9. External view of a whole valve showing features of terminal raphe endings (arrows) and elongated areolae (asterisks). Fig. 10. Internal view of a whole valve showing raphe fissures terminating in small helictoglossae (arrowheads). Fig. 11. Girdle view of cell. Scale bars = 10 μ m (Figs. 6, 7, 9–11), 2 μ m (Fig. 8).

型配列 (regular scatter, cf. Mann 1981) の穿孔をもつ薄皮 (hymen) により、内側から閉塞される (Fig. 18). 縦溝の外裂溝末端は、中心および極末端全てにおいて2次側にわずかに曲がる (Fig. 9, 12, 16の矢印, Fig. 14). 内裂溝の中心末端は真っ直ぐ (Fig. 15), 極末端は小さな蝸牛舌状 (helictoglossa) になる (Figs. 10, 13, 17の矢尻). 縦溝は、1次側の殻 (Fig. 20の矢尻) が2次側の殻 (Fig. 20の二重矢尻) を上下から挟み込む複雑な構造で、その断面観はC字形である (Figs. 19, 20).

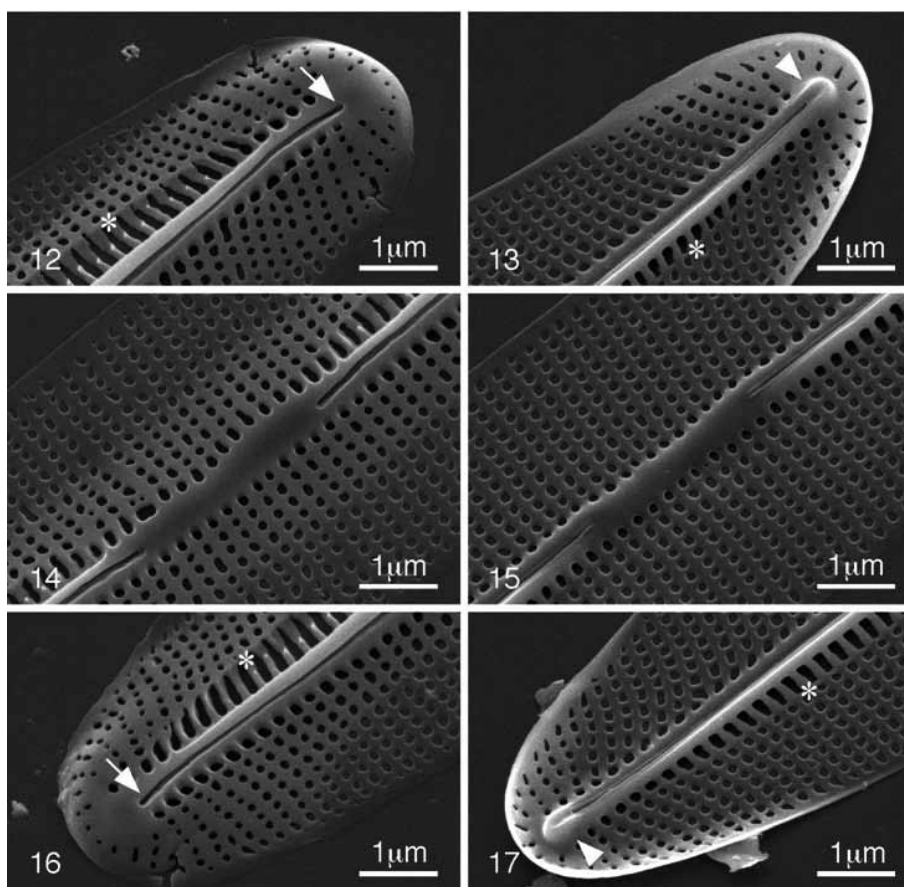
半殻帯 (cingulum) は6枚の帯片 (band) から構成される (Figs. 21, 23). いずれの帯片も片端開放型 (open band) で (Figs. 27–29), 半殻帯の両端

において開放端 (open end) と閉鎖端 (closed end) が交互に重なる (Figs. 21, 23). 帯片内接部 (pars interior) は滑らかで鋸歯状突起等はなく、全面にわたり胞紋列をもつ (Figs. 22). これらの帯片はほぼ同様な構造ではあるが、微細構造によって、以下の3タイプに区別された。

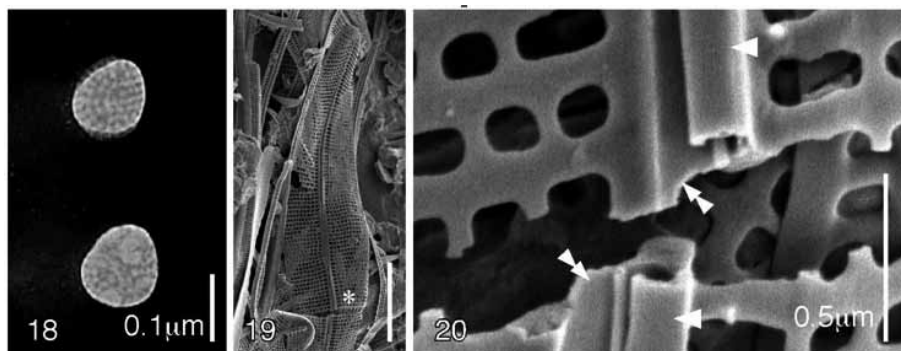
タイプ1: 接殻帯片 (valvocopula) の1枚 (Figs. 25, 27). 3タイプの中でもっとも幅が広く厚い。2列の胞紋列をもち、それらの間に段差がある (Figs. 25, 27の矢尻).

タイプ2: 第2帯片 (the second band) の3枚 (Figs. 25, 28). 2列の胞紋列をもち (Fig. 22), 接殻帯片のような段差はない。

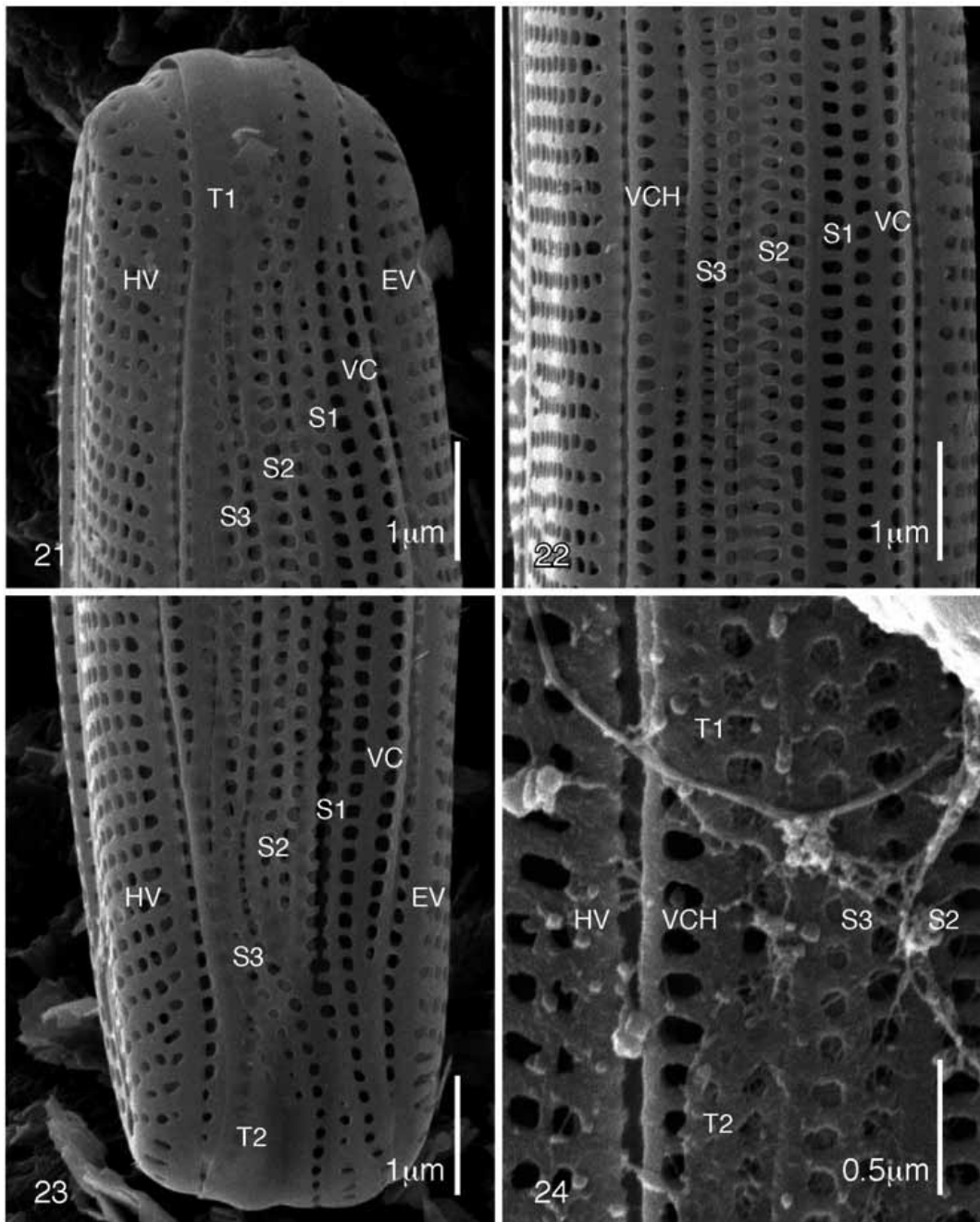
タイプ3: 第3帯片 (the third band) の2枚



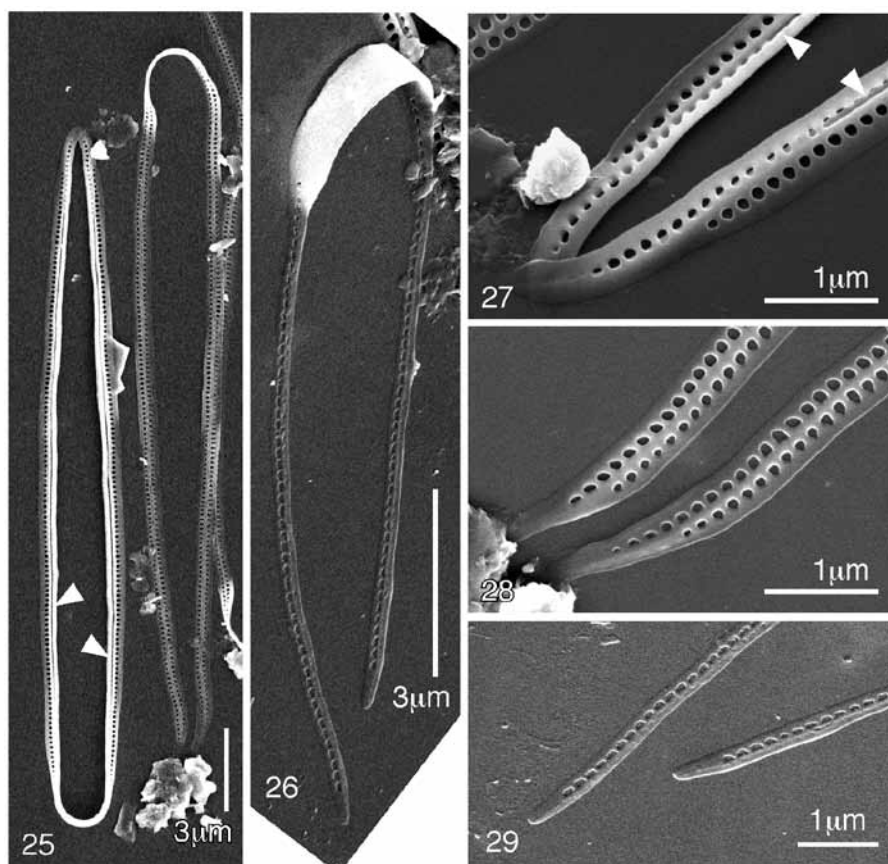
Figs. 12–17. *Berkeleya hyalina*. SEM. Figs. 12, 16. External polar views showing terminal raphe endings (arrows) and elongated areolae (asterisks). Fig. 14. External central view showing central area and raphe endings. Figs. 13, 17. Internal polar views showing raphe fissures terminating in diminutive helictoglossae (arrowheads) and elongated areolae (asterisks). Fig. 15. Internal central view showing central area and raphe endings.



Figs. 18–20. *Berkeleya hyalina*. Fig. 18. TEM. Figs. 19, 20. SEM. Fig. 18. Areolae occluded by hymens with regularly scattered perforations. Fig. 19. External view of broken valve. Fig. 20. Enlarged view of the part marked with an asterisk in Fig. 19. The raphe with a complex slit C-shaped in section. Single and double arrowheads indicate primary and secondary sides of valve, respectively. Scale bar = 5 μ m (Fig. 19).



Figs. 21–24. *Berkeleya hyalina*. SEM. Figs. 21, 23. Terminal views of the same cingulum composed of a valvocopula (VC), three second bands (S1–S3), and two third bands (T1, T2). Fig. 22. External view of cingulum composed of a valvocopula (VC) and three second bands (S1–S3). VCH. Valvocopula of hypovalve. Fig. 24. Detail of second (S2, S3) and third (T1, T2) bands in the middle of frustule. HV and VCH. Hypovalve and valvocopula, respectively.



Figs. 25–29. *Berkeleya hyalina*. SEM. Fig. 25. Scrobiculate (arrowheads) valvocopula and the second band (right). Fig. 26. Third band. Figs. 27–29. Scrobiculate (arrowheads) valvocopula, the second and the third bands at open side, respectively.

(Figs. 26, 29). 他と比べて極端に短く、殻長の半分程である。幅および厚さも、閉鎖末端の部分以外は細く薄い (Fig. 24)。胞紋は単列で、幅の広い部分にはない。

Berkeleya において、本種の注目すべき形態学的特徴は次の2点である。i) 群体の基部が太くしっかりしている。ii) 殻が極めて薄い。これらは本種が波あたりの強い潮間帯上部の小さなタイドプール（直径 10–20cm、深さ 3–5cm）のみから採集されたことと符合すると考える。すなわち i) は基質にしっかり付着する、ii) は生育分布を拡散しやすい、という共に潮通しの良い場所の生育に適応した特徴と推察される。

本研究の一部は文部科学省特別経費「大学の特性を生かした多様な学術研究機能の充実・海洋生

物多様性に関する高精度モニタリングと影響評価」と農林水産省プロジェクト研究「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」の助成を受けたものである。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 阿部信一郎, 井口恵一郎, 松原尚人, 淀太我, 田中次郎, 南雲 保 2003. 三重県銚子川河口域の付着藻類植生およびそこに生息するアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の消化管内容物における藻類組成. 藻類 51: 117–121.
- Chastain R. A. and Stewart J. G. 1985. Studies on *Berkeleya hyalina* (Round & Brooks) Cox, a marine tube-forming diatom. Phycologia 24: 83–92.
- Cleve P. T. 1894. Synopsis of the naviculoid diatoms. K. Svenska Vetensk. Akad. Handl. 26: 1–194.
- Cox E. J. 1975a. A reappraisal of the diatom genus

- Amphipleura* Kütz. using light and electron microscopy. Br. Phycol. J. **10**: 1–12.
- Cox E. J. 1975b. Further studies on the genus *Berkeleya* Grev. Br. Phycol. J. **10**: 205–217.
- Cox E. J. 1988. Taxonomic studies on the diatom genus *Navicula* V. The establishment of *Parlibellus* gen. nov. for some members of *Navicula* sect. *Microstigmaticae*. Diat. Res. **3**: 9–38.
- Greville R. K. 1827. Scottish Cryptogamic Flora V. Maclachan & Stewart, Edinburgh.
- 河村知彦, 平野礼次郎 1989. 神奈川県油壺湾の付着珪藻. 東北区水産研究所研究報告 (51): 41–73.
- 小林 弘, 出井雅彦, 真山茂樹, 南雲 保, 長田敬五 2006. 小林弘珪藻図鑑第1巻. 531 pp. 内田老鶴圃, 東京.
- Lobban C. S. 1985. Marine tube-dwelling diatoms of the Pacific coast of North America. I. *Berkeleya*, *Haslea*, *Nitzschia*, and *Navicula* sect. *Microstigmaticae*. Can. J. Bot. **63**: 1779–1784.
- Lobban C. S. 1990. Marine tube-dwelling diatoms of the Pacific coast of North America. II. *Navicula* subg. *Navicula* and a key to the tube-dwelling diatoms of the region. Can. J. Bot. **68**: 707–712.
- Mann D. G. 1981. Sieves and Flaps: Siliceous Minutiae in the Pores of Raphid Diatoms. In: Ross R. (ed.), Proceedings of the Sixth Symposium on Recent and Fossil Diatoms. pp. 279–300. Otto Koeltz, Koenigstein.
- 真山茂樹, 小林 弘 1982. 青野川のケイソウ. 東京学芸大学紀要4部門 **34**: 77–107.
- 水野 真 1977. 樹枝状群体珪藻 *Berkeleya rutilans* (Trentepohl) Grun. について. 藻類 **25**: 143–149.
- Mizuno M. 1979. Taxonomic study on *Berkeleya obtusa* (Grev.) Grunow (*Bacillariophyceae*) from Hokkaido, Japan. Jap. J. Phycol. (Sorui) **27**: 175–181.
- Mizuno M. 1981. *Berkeleya sparsa* sp. nov., a tube-dwelling diatom from Hokkaido, Japan. Jap. J. Phycol. (Sorui) **29**: 95–99.
- 南雲 保 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. Diatom **10**: 88.
- 長田敬五, 南雲 保 2001. 珪藻研究入門. 日本歯科大学紀要 (一般教育系) **30**: 131–141.
- Round F. E. and Brooks M. E. 1973. A new species of *Amphipleura* from Togo, W. Africa. Bot. Mar. **16**: 77–79.
- Round F. E., Crawford R. M. and Mann D. G. 1990. The Diatoms. 747 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Takano H. 1983. New and rare diatoms from Japanese marine waters-XII. Four species in the shallow seas. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. (112): 13–26.
- 高野秀昭 1997. 不等毛植物門珪藻綱. 千原光雄, 村野正昭 (編), 日本産海洋プランクトン検索図説. pp. 169–260. 東海大学出版会, 東京.